

Gestió de projectes

Teoria de projectes

- III -

El projecte de màquines

Dr. Jordi Ortiz-Domènech

(Última actualització: 22/10/15)

versió 15s01

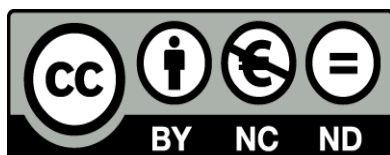
Jordi Ortiz-Domènech

Professor Titular de l'Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú (EPSEVG) de la Universitat Politècnica de Catalunya. Doctor en Enginyeria de Projectes i Sistemes per la Universitat Politècnica de Catalunya. Màster en Disseny i Desenvolupament de Sistemes Interactius per la Universitat Politècnica de Catalunya, la Universitat de Barcelona i la Universitat Autònoma de Barcelona. Enginyer d'Organització Industrial per la Universitat Politècnica de Catalunya. Llicenciat en Periodisme per la Universitat Pompeu Fabra. Enginyer Tècnic Industrial per la Universitat Politècnica de Catalunya. Més de 30 anys d'experiència professional en el camp dels projectes d'enginyeria.

El mes de novembre de 2014 en M.L.M. va apropiar-se amb engany i males arts del document digital de l'assignatura de Gestió de projectes titulat “Introducció a la redacció i la direcció de projectes -2014- “ del que jo en sóc autor, per aquest motiu protegeixo aquesta obra amb la llicència citada a continuació.

Per la mateixa raó aquest exemplar només estarà disponible en format paper al Centre de Reprografia Ahlens S.L., Rambla Exposició, 39, 08800 Vilanova i la Geltrú.

Aquesta obra està subjecta a la llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 4.0 Internacional Creative Commons. Per veure una còpia de la llicència, visiteu <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.



Taula de continguts

1. Projectes de màquines.....	2
1.1. El projecte de màquines.....	2
1.2. La màquina.....	2
1.3. Metodologia en el desenvolupament del projecte.....	3
1.3.1. Plantejament del problema del projecte.....	3
1.3.2. Mètodes de primera orientació i elecció de la solució.....	3
1.3.3. Croquis de primera orientació. Primeres verificacions.....	4
1.3.4. Traçat i verificació definitius.....	4
1.3.5. Correcció experimental.....	4
1.4. El projecte en relació amb els procediments de fabricació.....	5
1.4.1. Influència de les condicions de funcionament i l'elecció dels materials.....	5
1.4.2. Influència dels procediments de fabricació: les peces de fosa.....	6
1.4.3. Influència dels procediments de fabricació: les peces forjades i estampades.....	7
1.4.3.1. Forja.....	7
1.4.3.2. Estampació.....	7
1.4.4. Influència dels processos de fabricació: conjunts compostos per soldadura.....	7
1.4.5. Els tubs com elements estructurals i mecànics.....	8
1.5. Sèries de màquines.....	8
1.5.1. Generalitats.....	8
1.5.2. Límits d'una sèrie i nombre de tipus.....	9
1.5.3. Els índexs característics.....	9
1.5.4. Mòduls dimensionals.....	9
1.5.5. El traçat d'una sèrie.....	10
1.5.6. Criteris basats amb la pèrdua de rendiment admissible.....	10
1.5.7. Criteris basats en el cost de producció.....	10
1.5.8. Màquines que componen una sèrie.....	11
1.5.9. Els Nombres Normals (Progressions geomètriques normalitzades).....	11
1.5.10. Altres tipus de progressions.....	12
1.6. Disseny i estètica de la màquina.....	12
1.7. Sistemes de disseny.....	13
1.7.1. Disseny Top-down.....	13
1.7.2. Aplicació del disseny Top-down (Matrius).....	14
1.7.3. Requeriments en el disseny.....	16
1.7.3.1. Apportionment (Distribució).....	16
1.7.4. Disseny Bottom-up.....	17
1.7.4.1. Consideracions del disseny Bottom-up.....	17
1.7.5. La creativitat en el sistema de disseny.....	18
1.7.5.1. Brainstorming.....	18
1.8. Bibliografia de l'obra completa.....	20
1.8.1. Normativa.....	21

1. Projectes de màquines

1.1. El projecte de màquines

Normalment la construcció d'una màquina exigeix la realització de tres projectes: el projecte tècnic-funcional, el projecte de fabricació i el projecte econòmic-financer. Habitualment quan es parla de projectes ens referim bàsicament al projecte tècnic-funcional. El projecte tècnic-funcional consisteix en determinar la constitució estructural, material, dimensional i formal a partir dels nostres càlculs quantitatius i qualitatius, físics i econòmics, i dels mitjans disponibles de fabricació així com també del volum de producció. Tedeschi (1969) agrupa els diferents factors que influeixen en el projecte d'una màquina de la següent manera:

- Factor funcional, que inclou els aspectes resistencials i elàstics.
- Factor de fabricació, referint-se als materials i mitjans disponibles, en funció del volum de producció previst.
- Factor geomètric, que tracta de les limitacions de forma, disposició i dimensions, en relació amb l'ambient i les exigències ergonòmiques.
- Factor ponderal, que determina si el pes és influent, al marge dels efectes econòmics.
- Factor estètic, vàlid en tots els casos i especialment si ho demana el comprador.
- Factor econòmic, constituït pel cost inicial, reduït al cost d'amortització, i pel cost d'explotació, representat pels costos d'energia i manteniment.

Podem afirmar que si tant sol un dels anteriors factors varia, també haurà de variar necessàriament tot el projecte sencer, ja que tots aquests factors van interrelacionats. L'acció de projectar consisteix en la realització de tres accions:

- Decidir. Cal triar entre les diferents opcions aportades a partir de les nostres previsions i conciliacions.
- Prevenir. És necessari prevenir els diferents comportaments que pot tenir una màquina o un element d'aquesta en funció del projecte que haguem de realitzar.
- Conciliar. És la part més difícil, doncs es tracta de conciliar entre si dues tendències de resultats oposats.

En tot projecte intervé la unió de dues metodologies diferents, que són l'anàlisi investigativa i la síntesi creativa. El primer fa referència a l'aprofitament de dissenys anteriors i el segon a la capacitat de resoldre noves situacions.

1.2. La màquina

D'entre les moltes definicions vàlides per al concepte de màquina, vist des de la nostra perspectiva de projectistes, ens quedarem amb la següent: *“definim com a màquina tot conjunt mecànic complet i autònom, destinat a efectuar una transformació energètica o a realitzar una operació tecnològica”*, Tedeschi (1969).

A l'hora de projectar una màquina hem de tenir en compte si tractem amb màquines empíriques o bé si són racionals. Les primeres són totes aquelles que basen els seus criteris de disseny amb l'experiència acumulada, doncs l'única forma de determinar el seu comportament és mitjançant l'experimentació. Per dir-ho d'una altra forma, podem afirmar que les màquines empíriques són aquelles per les quals trobem unes expressions matemàtiques de funcionament un cop ja han estat construïdes, sent impossible fer-ho a l'inrevés. Amb les màquines racionals passa el contrari: a partir d'unes expressions matemàtiques

conegudes projectem directament una màquina que pugui complir-les. El seu comportament és conegut a priori.

Finalment, també es fa necessari establir la diferència entre màquines ideals i màquines reals. La diferència entre una i l'altra és que per al projecte d'una màquina ideal no és té en compte el segon principi de la termodinàmica i tampoc les pèrdues d'energia per fregaments, mentre que en una màquina real sí és té en compte. Evidentment, nosaltres només som capaços de construir màquines reals. Però també és cert que pràcticament només som capaços de dissenyar màquines ideals. Per solucionar aquest problema, utilitzem una sèrie de factors correctors, totalment empírics, aplicats als projectes ideals i que donen una aproximació al comportament real de la màquina.

1.3. Metodologia en el desenvolupament del projecte

La primera fase d'un projecte consisteix en consultar tota la informació possible referent al tipus de màquina a projectar. Dintre d'aquesta informació es pot incloure tant dades bibliogràfiques com projectes ja realitzats.

El problema principal és que la majoria de les dades bibliogràfiques (tractats, catàlegs, revistes tècniques) tracten el problema des d'una perspectiva teòrica i no pràctica. En altres paraules, aquesta informació ens parla dels objectius i de les premisses per assolir-los, però no ho fa del mètode concret per aconseguir-ho. És llavors quan cal recórrer a projectes anteriors per aprendre a convertir una funció en un sistema per assolir aquesta funció. Evidentment, molts cops ens trobarem amb que farà falta fer una adaptació d'un sistema a un altre, doncs cada màquina és única (no té sentit dissenyar un sistema que ja està inventat).

En aquest apartat recordarem que en la mida del que ens sigui possible, hem d'utilitzar elements normalitzats. És el que afirmàvem: no té sentit dissenyar màquines ja existents. No fa falta fer un projecte d'elements tals com coixinets, cargols, etc. que ja trobem al mercat. Nosaltres hem de dissenyar només el que no trobem al mercat. Una altra cosa seria millorar algun d'aquests productes, la qual cosa ja seria un nou cas particular.

1.3.1. Plantejament del problema del projecte

El primer que cal fer a l'hora de plantejar un disseny és reunir la informació exacta per realitzar-lo. Això vol dir que s'ha de reunir la informació i plantejar els problemes que siguin estrictament necessaris, ni més, ni menys. Un excés d'informació representa la imposició de més limitacions de les que són necessàries. Per contra, un defecte d'informació suposaria l'aparició de problemes sobre la marxa que no podríem resoldre sense aquesta informació prèvia.

És per tant una funció nova del projectista de màquines la de saber discernir la informació que resulta necessària de la que no ho és, així com també la de ser capaç de reunir un mínim d'aquesta informació per afrontar el projecte amb prou garanties.

1.3.2. Mètodes de primera orientació i elecció de la solució

Un cop hem reunit la informació necessària per a fer un disseny concret, és el moment de triar la solució d'entre les diverses que podem adoptar. Aquest és un primer problema ja que cal entrar en el joc del factor econòmic: d'entre totes les solucions sempre optarem per la més barata. Això sí: l'adoptarem només si es compleixen tots els altres requisits.

No obstant això no és ni molt menys una feina fàcil, doncs ja s'ha comentat que una cosa és la teoria i l'altra és el resultat final. I com que no ens podem permetre el luxe de dur a terme tots els dissenys només per comprovar si s'ajusten amb el que hem previst, cal adoptar una metodologia que ens permeti discernir quina és la solució més adequada. És per això que l'elecció no es fa respecte projectes sinó respecte a estimacions prèvies: mètodes de primera orientació.

Aquests mètodes, que són propis per a cada tipus de màquina, són una combinació de mètodes empírics i mètodes estadístics. Són empírics perquè es treuen de l'experiència amb altres màquines i

estadístics perquè, tal i com s'ha dit abans, dissenyem una nova màquina, amb la qual cosa la seva relació amb altres projectes respon només a lleis probabilístiques davant la impossibilitat d'extreure lleis generals de comportament (cada màquina és un cas).

Novament ressaltarem la importància de reunir només la informació que ens interessa per fer el nostre projecte. Un excés suposa una orientació massa precisa i resulta car. Una mancança d'informació representa una orientació poc fiable i que probablement s'hagi de repetir el treball, suposant també un encariment inútil. En aquest sentit dividirem els càlculs d'enginyeria en dues grans categories:

a) Càlculs on el valor de les variables a considerar varia entre marges molt amplis. En aquest cas les principals estimacions es fan en base amb les dades sotmeses a un marge més gran de variabilitat.

b) Càlculs on les variables estan afectades per toleràncies conegudes i que responen a lleis estrictament racionals i no empíriques, que seran les utilitzades per fer les estimacions.

1.3.3. Croquis de primera orientació. Primeres verificacions

Un cop haguem determinat a partir dels mètodes de primera orientació el camí a seguir, és el moment d'utilitzar aquests primers càlculs que solen correspondre a dimensions de la màquina. En aquesta primera fase d'orientació les primeres dimensions obtingudes són generals i exclusivament funcionals. En les màquines empíriques depenen de les propietats elàstico-resistencials. I en les màquines racionals depenen de les lleis físiques.

Aquestes dimensions les utilitzarem per realitzar el croquis de primera orientació, que ens donarà una idea general del projecte. El grau de detall d'aquest croquis dependrà de l'experiència del projectista, doncs a partir d'aquí es tracta de determinar les dimensions restants i de definir altres dades relacionades mitjançant càlculs successius. Un primer croquis massa complet pot representar un excés de rectificacions posteriors. Davant la falta d'experiència, és millor seguir treballant pas a pas, prenent com a referència sempre les dades inicials del croquis, d'aquí que s'anomenin d'orientació (la qual cosa no significa que siguin fixos, sinó que es tracta d'anar "polint-los" en relació amb el desenvolupament del projecte.

Aquest procés de determinació de noves dades i rectificació de les existents es realitza a partir de successives verificacions. El grau d'aproximació del primer croquis és determinant en el nombre de verificacions, amb la qual cosa és millor no arriscar-se a fer excessives previsions en la seva realització.

1.3.4. Traçat i verificació definitius

Un cop s'hagin realitzat totes les verificacions i rectificacions oportunes és el moment de confeccionar el croquis definitiu. Aquest ha d'incloure totes les dimensions, vistes i talls que siguin necessaris per a la seva fabricació, especificant si cal el procés o mètode de fabricació.

1.3.5. Correcció experimental

Aquest és un procés que només es pot realitzar un cop s'hagi iniciat la producció de l'element dissenyat. Consisteix en realitzar els assajos i proves pertinents per tal de comprovar que les propietats de la màquina que construïm es corresponen amb el que nosaltres havíem dissenyat.

En alguns casos resulta fins i tot l'única manera de confeccionar un projecte definitiu. Davant la falta de dades prèvies és possible que només mitjançant els nostres propis assajos puguem avançar en el nostre projecte, construint diversos models abans d'assolir el definitiu que es correspongui amb les exigències demanades.

L'inconvenient d'aquests assajos és que al igual que els projectes, són únics i específics per a cada màquina.

1.4. El projecte en relació amb els procediments de fabricació

El disseny general d'una màquina, l'elecció dels materials i procediments de fabricació i fins i tot certs detalls de les peces que la componen, depenen no sols del seu funcionament, de l'ambient en el qual haurà de funcionar, de criteris resistencials i elàstics i de la vida útil prevista, sinó que també depèn del nombre de màquines iguals que es preveu fabricar. Un cop coneguda la metodologia general analitzem aquest aspecte concret referent al projecte d'una màquina: el factor econòmic en relació al volum de producció.

1.4.1. Influència de les condicions de funcionament i l'elecció dels materials

Dintre de les condicions de funcionament, no només hem de considerar els factors físics externs (pressió d'entrada en una bomba, nombre de revolucions en un reductor...), sinó que també cal tenir en compte les condicions físiques internes, degudes al propi funcionament de la màquina (inèrcies, flexions...).

És per això que a l'hora d'elegir un material per a un ús concret, és necessari conèixer molt bé les seves característiques físiques, el seu mòdul elàstic per determinar si pot suportar les tensions que també cal conèixer perfectament, el balanç entre tensions externes i tensions internes, etc.. És també important preveure que certes deformacions són espontànies en certs materials, amb la qual cosa és necessari un període d'estacionament previ a la construcció de la màquina.

A l'hora d'elegir un material cal considerar no només les seves propietats mecàniques, sinó que també és bàsic saber elegir-lo en funció de les propietats químiques (resistència a la corrosió, canvis estructurals deguts a gradients de temperatura...). El medi ambient en el qual està situada una màquina és tant important com les sol·licitacions a les que està sotmesa en quant a l'elecció dels materials de construcció. A banda de tots aquests factors també cal considerar-ne d'altres, com pot ser la possibilitat del desgast abrasiu, deformacions desiguals en diversos elements a causa de diferències de temperatura, etc.

Però a l'hora de triar un material no sempre podrem triar el més adequat, doncs cal tenir en compte el propi valor econòmic del material. Cal fer el balanç següent: representa l'increment de preu d'un material millor que un altre, un increment de duració que suposi un estalvi major que aquest increment?

Tedeschi (1969) resumeix les condicions que cal tenir en compte a l'hora d'elegir un material que ha de fer una funció concreta:

1. Resistència al trencament
2. Límit de fluència
3. Mòdul d'elasticitat
4. Duresa superficial
5. Resiliència o resistència a l'impacte
6. Resistència a la fatiga sota tensions cícliques
7. Comportament sota tensió i alta temperatura (deformació plàstica continua, creeping i/o reducció de la càrrega de trencament)
8. Resistència a l'atac químic o electroquímic
9. Resistència a l'abrasió recíproca entre peces o per l'acció de fluids en moviment o de matèries abrasives
10. Coeficients de transmissió i de dilatació tèrmica
11. Pes específic

12. Característiques relacionades amb els procediments de fabricació (fosa, estampat, trempat, tractaments tèrmics, elaboració en les màquines-eines, soldadura, etc.)
13. Deformació espontània en el temps
14. Comportament envers als lubricants i/o característiques d'autolubricació
15. Característiques estètiques (color i textura naturals, possibilitat de recobriments per pintura, dipòsits electrolítics, etc.)
16. Condicions d'obtenció en el mercat (normals o excepcionals) i cost unitari

1.4.2. Influència dels procediments de fabricació: les peces de fosa

En aquest tipus de peces no només s'han de considerar els factors funcionals i el tipus de material tal i com hem vist en apartats anteriors, sinó que és molt important tenir en compte el procediment d'obtenció de la peça. En les peces foses un error en algun factor pot portar seriosos problemes tant de defectes com d'encariment del procés.

Aspectes bàsics a considerar en el projecte de peces de fosa, que són els que donen més problemes en cas de ser obviats:

- a) Cal dissenyar els elements de manera que el motlle tingui el mínim d'elements. Segons la forma o mida dels elements, el motlle ha de dividir-se en més o menys parts que poden separar-se o no en la mateixa direcció. En la mesura que sigui possible hem de procurar que el nombre de parts sigui mínim i que es desplacin en la mateixa direcció. No fer-ho representa un increment en les possibilitats de defectes i un encariment general del procés.
- b) Si s'utilitzen sistemes de fosa tals com motlles d'arena, és molt important que les parets tinguin una certa inclinació per tal de facilitar l'extracció de la peça. I en qualsevol cas, és imprescindible tenir en compte que aquesta inclinació ha de permetre l'extracció de la peça.
- c) Cal evitar sempre canvis d'espessor massa bruscs. La seva existència es traduiria en un gradient de temperatures durant el refredament que suposaria l'aparició de "xuclets", esquerdes o excessiva porositat. Per tant és important buscar un espessor el més homogeni possible i amb variacions progressives.
- d) Problemes similars als que acabem de descriure apareixeran igualment si la peça té angles massa aguts. No només és l'espessor el que ha de variar de forma progressiva, cal que la forma de la peça també variï progressivament.
- e) Amb una finalitat purament econòmica hem de tenir en compte que si una peça, un cop estigui acabada, ha de presentar grans obertures que cal obtenir per mecanització és millor que aquestes obertures ja siguin presents durant el procés de fosa previ al mecanitzat, això permet estalviar material. Amb el mecanitzat acabarem de donar la forma prevista, però la base ja estarà feta.
- f) En cas de que la peça contingui brides, cal considerar que es necessita la presència de nervis de reforç i que aquest nombre de brides està normalitzat.
- g) Si una peça representa un disseny molt complicat, cal avaluar si la possibilitat de dividir la peça en diverses parts que serien soldades posteriorment i si això representa alguna avantatge. No sempre és possible trobar un motlle adequat a la peça que es vol fabricar, amb la qual cosa molts cops l'única solució passa per la divisió de la peça en diverses "subpeces" que després podem soldar.

1.4.3. Influència dels procediments de fabricació: les peces forjades i estampades

1.4.3.1. Forja

De les peces fabricades pel procés de forja, destacarem que presenten l'avantatge de que ofereixen un millor comportament mecànic que peces similars obtingudes per altres processos tals com la fosa o el mecanitzat. És una característica molt a tenir en compte doncs és un aspecte que cal considerar al fer els nostres càlculs però és també molt important a considerar: el factor econòmic. I és per això que cal fer un balanç millora de propietats-increment de preu, doncs la forja representa un encariment respecte als processos de fosa i mecanització abans comentat. En el cas d'un eix podem obtenir variacions de diàmetre per mecanitzat o forjat. La forja produeix una millora de les propietats, però a costa d'un major preu en el procés respecte a un simple mecanitzat.

1.4.3.2. Estampació

Podem distingir dos tipus d'estampació: estampació a partir de xapes de baix espessor i a partir de xapes de gran espessor.

L'estampació en xapes gruixudes és un sistema més car que la fosa però útil en casos on necessitem obtenir variacions més grans d'espessor que les que ens són possibles per aquest sistema. La resta de limitacions són exactament les mateixes que per la fosa (evitar angles molt aguts, canvis bruscos de forma i arestes anguloses, etc.

L'estampació en xapes primes només ens serà vàlid per a grans produccions per l'elevat cost del procés. Cal tenir en compte a més, que es tracta d'un procés molt complicat, doncs l'estructura interna pateix grans modificacions que només pot preveure un especialista.

1.4.4. Influència dels processos de fabricació: conjunts compostos per soldadura

Aquest procés no només és útil per a baixes sèries de producció (a causa del seu baix cost, doncs són innecessàries les amortitzacions dels motllos, etc.), sinó que també esdevé l'única forma de fabricar determinats tipus d'elements.

Tot i així, actualment en la indústria s'està tendint a utilitzar cada cop més la soldadura en substitució de la fosa, per evitar la construcció dels motlles, que resulta cara. A més tenim l'avantatge de que podem utilitzar espessors inferiors, perquè:

a) Les parts que no es troben sotmeses a tensió o ho estan a baixes tensions, només reclamen un espessor bàsic per no oxidar-se durant el procés de soldadura, el qual és més baix que l'espessor mínim que es requereix en un procés de fosa.

b) L'acer de les xapes soldades té major resistència que l'acer de fosa, amb la qual cosa amb menys material és suficient per aguantar un mateix esforç. A més, tenim sempre la possibilitat d'orientar els elements en la direcció en la que suportin un menor esforç, la qual cosa no és sempre possible en la fosa.

c) Les peces conformades per soldadura tenen les cares més planes i llises que les de fosa, amb la qual cosa ens estalviem costos posteriors de polit o acabat.

Molts cops podem substituir la soldadura pel rebolat, no obstant, cal tenir en compte que aquest procés genera esforços extrems al produir desalineacions degudes a la superposició de les xapes. I no hem d'oblidar el sobredimensionat que exigeix la pèrdua de material amb la perforació de les xapes.

Per exemple, la soldadura es pot realitzar de dues maneres diferents: una forma seria aixamfranar les arestes a unir i l'altra consistiria en prolongar-ne una. La primera solució és la més cara i la que hem de procurar evitar. Es tracta de fer coincidir les arestes, reservant-hi un espai per al material d'aportació.

L'altre mètode consisteix com hem dit en allargar una aresta, i unir l'altra amb dos cordons, un a cada costat, amb la xapa allargada. És més barat, encara que el seu aspecte és més bast.

Finalment recordarem que una peça, tal i com s'ha comentat en l'apartat de fosa, pot construir-se combinant diversos mètodes. Així per exemple, podem construir un reductor soldant diverses xapes que constituïrien el cos, amb uns suports obtinguts per fosa sobre els que assentaríem uns eixos fabricats per forja.

1.4.5. Els tubs com elements estructurals i mecànics

És cada cop més habitual substituir les estructures elaborades a partir de xapes i de perfils per estructures construïdes a partir de tubs. Alguns avantatges que això representa:

- a) Si l'element està sotmès a una compressió axial i té una longitud elevada, la seva capacitat per evitar l'aparició del vinclament ("pandeo") és més gran.
- b) Si l'element està connectat a una part en rotació de la màquina, les possibilitats d'entrar dins la freqüència crítica són també menors en els tubs respecte als perfils.
- c) Un element tubular que tingui igual resistència que un perfil equivalent, té menor pes (comparant amb el mateix material per als dos casos).
- d) Un tub ofereix la possibilitat de que a més de ser un element estructural, pot fer la funció de conductor de fluids.

Una estructura tubular resulta més cara en quant a material que una d'equivalent construïda a base de perfils. Però les majors prestacions que ofereixen, compensen aquest increment de cost.

El que es redueixi la possibilitat de que aparegui vinclament o que els tubs entrin en la seva freqüència crítica de vibració, no significa que no siguin aspectes fonamentals dins els càlculs. Tant important és determinar les propietats elàstico-resistencials com aquests aspectes, ja que poden suposar un trencament de la màquina si no es calculen de forma apropiada.

1.5. Sèries de màquines

1.5.1. Generalitats

Podem definir com a sèrie un grup de màquines similars, d'igual classe, estructura, funció i aplicació, projectat d'acord amb un pla que estableix els tipus mínim i màxim, i l'escalat de dimensió i capacitat dels models intermedis. La semblança entre màquines que componen una sèrie es pot limitar a una semblança esquemàtica, però en molts casos pot arribar a exigir una semblança geomètrica entre les dimensions lineals homòlogues.

Quan es planteja una sèrie, cal tenir en compte el nombre d'elements de cada tipus o dimensió que s'han de fabricar, per tal d'establir un pla que abasti a tots els elements. Això representa un clar avantatge a nivell econòmic, doncs del contrari, si no se segueix un pla i es fabriquen les màquines a base de "remeses", cal plantejar per a cada remesa el seu propi pla.

Una solució bona per tal de complir amb el que s'ha explicat seria muntar una cadena que s'encarregui de fabricar la base comuna de tots els elements. Llavors segons les necessitats del mercat, només caldrà habitar unes subcadena que acabin per muntar els elements propis de cada tipus de màquina. D'aquesta manera s'estableix un equilibri entre les necessitats de fabricació i les necessitats de producció.

Malgrat la dificultat que suposa una gran diversitat de productes cal assenyalar que la falta d'una normalització dels diferents tipus de màquines és un entrebanc que implica el plantejament de la fabricació en sèrie.

1.5.2. Límits d'una sèrie i nombre de tipus

Una dificultat a l'hora de planificar les sèries de fabricació és la de determinar la dimensió mínim i màxim de la sèrie de màquines en qüestió. Es tracta bàsicament de fer un estudi de les necessitats del mercat per tal de saber quines exigències hem d'adoptar. Evidentment també resulta un problema determinar els dimensions intermèdies, cosa que depèn igualment del mercat.

Però més difícil que determinar els dimensions, és el preveure quants elements de cada tipus cal fabricar. És qüestió d'atendre i ajustar la producció a les demandes del mercat i millor solució és tenir un sistema que ens permeti fabricar únicament el que es necessita. Aquest sistema consisteix en construir una base comuna a tots els tipus de màquina, i en funció de la demanda del mercat, completar les màquines amb la dimensió adequada i d'aquesta manera s'estalvien estocs.

Com que no sempre és possible passar d'acabar una sèrie d'una dimensió a una altra sèrie l'única solució consisteix en fer previsions de les demandes del mercat. Això implica preveure les necessitats ja que sinó es pot fabricar més elements de les que el mercat exigeix es perden diners, o també menys, amb la qual cosa perdriem diners igualment. Tot això significa que en el projecte de màquines no només és important el factor tècnic sinó que el factor econòmic també té molta importància.

1.5.3. Els índexs característics

És condició necessària per a la constitució i el traçat d'una sèrie de màquines que aquestes siguin comparables entre si. Per establir aquesta comparació, s'utilitzen els anomenats índexs característics, que són les dades a partir de la qual podem determinar la morfologia restant de la màquina. Aquests índexs característics es corresponen amb les dades a partir de les quals es confeccionen les primeres orientacions i el croquis de primera orientació. Aquestes dades es poden correspondre amb moltes característiques pròpies d'una màquina, ja siguin estructurals, propietats físiques, condicions de funcionament, morfologia, etc. Poden ser el nombre de revolucions en un ventilador, la pressió en una bomba, el nombre de cilindres en un motor, etc.

Evidentment, no sempre resulta fàcil trobar l'índex característic d'una màquina. En alguns casos hem de recórrer a detalls com l'agrupament de disposicions constructives i/o de funcionament, es a dir, hem de recórrer a aquelles que si variessin determinarien la impossibilitat d'ordenar les màquines en una mateixa sèrie.

1.5.4. Mòduls dimensionals

Una sèrie és un ordenament racional de dimensió. Per tal de traçar aquesta sèrie, la dimensió ha d'estar representada de forma inequívoca. Això s'aconsegueix mitjançant dues xifres o nombres dimensionals:

El primer representa la capacitat de cada màquina, fent referència a la dimensió més adient a cada cas particular i es denomina mòdul dimensional de funcionament o mòdul funcional.

El segon nombre ha d'expressar directa o indirectament la dimensió geomètrica de la màquina, i s'expressa igual que el mòdul funcional, amb la dimensió més adient. S'anomena mòdul dimensional geomètric o mòdul geomètric.

Entre els dos mòduls ha d'existir una correspondència tal que un cop s'hagi planificat una de les dues sèries, l'altra ha de quedar immediatament definida.

El mòdul funcional més lògic és aquell que indiqui directament la potència o capacitat de la màquina, amb les unitats més adients per a cada cas. Ara bé, no sempre resulta senzill determinar aquest nombre en alguns tipus de màquines. És per això que moltes vegades el mòdul funcional ve expressat en funció de dos o més paràmetres.

El mòdul geomètric vindrà representat per la dimensió que considerem més característica de la màquina, tenint en compte que a més, no han d'existir dificultats a l'hora de posar-lo en relació amb el

mòdul funcional. Hem de procurar que la relació entre els dos mòduls es pugui expressar de la següent manera:

$$C=kL^\varepsilon$$

on C és el mòdul funcional, L el mòdul geomètric i k i ε són dos valors constants per a tota una sèrie compresa entre límits determinats.

1.5.5. El traçat d'una sèrie

Per al traçat d'una sèrie molt sovint ens podem deixar guiar per la intuïció, ja que a simple vista podem veure si els diferents models (en funció dels mòduls abans descrits) són o no són útils per complir les exigències del mercat.

Per determinar els valors del mòdul funcional (abans descrit) corresponents a una sèrie concreta, disposem de diverses opcions. La primera opció consisteix en esgraonar els valors del mòdul mitjançant una progressió aritmètica però això només és vàlid pel cas de que el mòdul varii dins un interval de valors reduït. En cas contrari (que és el que sol passar), resulta que per a uns determinats subinterval·ls tenim massa valors, amb la qual cosa tindrem una producció que superarà les exigències del mercat. Però també trobarem uns subinterval·ls on passarà el contrari: les exigències del mercat no quedaran cobertes amb prou models.

Tot això fa necessari trobar un altre sistema per esgraonar els valors del mòdul funcional. Un altre sistema és adoptar una progressió aritmètica de valors creixents. Però pot ser que tot i així no sigui suficient, amb la qual cosa s'haurà d'optar per una progressió geomètrica. El que se sol utilitzar per fer els càlculs industrials són les progressions geomètriques de valors decreixents o progressions geomètriques de segon ordre.

1.5.6. Criteris basats amb la pèrdua de rendiment admissible

Tret d'algunes excepcions, el rendiment total d'una màquina varia amb la seva càrrega segons una corba que al principi puja, arriba al seu màxim en un punt intermedi i baixa després fins l'abscissa de càrrega màxima, limitada per circumstàncies que en general són independents del rendiment. La càrrega de rendiment màxim es considera en general com a càrrega normal de la màquina. L'aspecte d'aquesta corba varia en funció del tipus de màquina.

Les corbes de màquines d'una mateixa sèrie són proporcionals entre si, de manera que podem aproximar la seva relació a una constant que multiplica les abscisses.

A l'hora de dissenyar una màquina hem de tenir en compte que funcionarà per un interval de càrregues i no sempre amb la càrrega que es correspon amb el nivell màxim. Això implica que aquest interval ha de correspondre amb els valors més pròxims que sigui possible al de rendiment màxim. I com que les corbes d'una mateixa sèrie són proporcionals, es pot demostrar matemàticament, que la millor forma d'esgraonar una sèrie és mitjançant una progressió geomètrica de segon ordre. D'aquesta manera assolim no només correspondre a les exigències del mercat en quant a varietat de models, sinó que aconseguim una sèrie de màquines que treballen amb unes condicions sempre pròximes a les de rendiment màxim. Això vindrà evidentment en funció de les condicions de rendiment que haguem assolit per al model que prenguem com a base de la sèrie.

1.5.7. Criteris basats en el cost de producció

A banda dels factors anteriors a l'hora de determinar l'esglaonament de les sèries de màquines, és també important determinar el nombre de tipus diferents de màquines que compondran la sèrie. De fet, aquesta determinació ha de ser simultània amb els procediments anteriors, per tal d'aconseguir el projecte de la sèrie més adequat al mercat i més rendible a nivell econòmic.

Aquesta part, la de decidir el nombre de membres es fa en base a uns gràfics. En primer lloc, el que es fa és trobar aquests gràfics per als models de sèries que hem determinat que millor s'adeqüen al mercat. I

a partir d'aquests gràfics podrem decidir que és el que surt més rendible. Curiosament, resulta que les sèries amb major nombre de membres seran les més rendibles, doncs són les que s'adeqüen millor a les exigències del mercat (sempre hi quant hi hagi un esglaonament racional com les progressions de segon ordre).

Aquestes gràfiques es compondran de dues corbes. La primera corba representa el cost total de fabricació per a cada tipus de sèrie. Com s'ha explicat, un nombre d'elements força elevat és el més adequat al mercat, amb la qual cosa podrem vendre el producte al preu més adient. Això representa que el cost de fabricació segueix una corba descendent a mida que augmenten el nombre d'elements diferents per a la sèrie.

No obstant, arriba un punt a partir del qual, un augment de membres significaria un augment de cost. Aquest punt es determina amb l'ajut de l'altra corba, la del cost total de preparació. I és que aquesta corba al contrari de l'altra, és creixent. Evidentment, com major sigui el nombre d'elements, més ens costarà adequar els nostres equips. Doncs el nombre més econòmic d'elements en una sèrie, es correspon al punt on es tallen les dues corbes.

1.5.8. Màquines que componen una sèrie

El fet de que una màquina formi part d'una sèrie, fa que els criteris de disseny a adoptar siguin diferents dels que utilitzaríem en el cas de que la màquina es fabriqués per separat, sense relació amb els altres membres de la sèrie.

Això vol dir que les exigències del client, seguint un criteri probabilístic, no es veuran mai satisfetes, doncs haurà de triar un model preestablert. El més lògic és triar el model que tingui una capacitat immediatament superior a la demanada pel client. Així per exemple, el client pot demanar una màquina de 72 CV. Però nosaltres, en funció de tots els criteris exposats, només fabriquem models de 71 i 75 CV. El client haurà de conformar-se doncs amb la màquina de 75 CV.

D'aquí es deriva la necessitat d'adoptar criteris de normalització. Però cal dir que tampoc existeixen tots els tipus de màquines normalitzades i per aquests casos hem d'optar per adaptar la nostra fabricació a aquests models preestablerts, deixant de banda tot el procés explicat.

1.5.9. Els Nombres Normals (Progressions geomètriques normalitzades)

En les progressions geomètriques normalitzades (o Nombres Normals, NN) existeixen 4 sèries de NN, compostes per 6, 11, 21 i 41 elements, que es coneixen amb el nom de R5, R10, R20 i R40 respectivament. Els valors de les sèries de NN van tabulats. Tots aquests valors són múltiples de 4 nombres obtinguts a partir d'arrels amb diferent base del nombre 10 (en concret les bases són 5, 10, 20 i 40): 1.60, 1.25, 1.12 i 1.06.

Podem obtenir moltes més sèries de NN saltejant els nombres de 2 en 2, o de 3 en 3, etc. (simbolitzades per $R(x)/2$, $R(x)/3...$).

També existeix la possibilitat de prolongar-les, tant per dalt com per baix, utilitzant un multiplicador que sigui una potència qualsevol de 10.

Una altra opció és utilitzar només un interval, que acotarem de la següent manera: $R(x) (y...z)$, on y seria el nombre inicial (si és diferent d'1) i z el final (si és diferent de 10).

No obstant, tenim també la possibilitat de crear les nostres pròpies sèries de NN, a banda de les variants que hem descrit fins ara. Alguns mètodes són els següents:

- 1) Multiplicant o dividint entre si sèries de NN.
- 2) Les potències amb exponent sencer de NN també són NN.
- 3) Les potències amb exponent qualsevol de NN poden no ser NN; però constitueixen progressions geomètriques la raó de les quals és igual a la raó de la sèrie original elevada al mateix exponent.

4) El producte de cada terme d'una sèrie de NN per cada terme de la mateixa sèrie invertida és constant i igual a un NN.

Nota: cal anar amb compte amb la suma de dos NN, no és un altre NN. Tot i això, alguns cops les sèries de sumes de NN poden tenir aplicacions interessants, doncs són successions suficientment constants.

1.5.10. Altres tipus de progressions

Les progressions de segon ordre són les més utilitzades per tal de determinar la dimensió dels elements que componen una sèrie de màquines. La raó d'aquestes progressions, al contrari de les progressions geomètriques normals, és un valor decreixent que oscil·la entre un valor inicial màxim i un valor final mínim. La llei de reducció podria ser un valor qualsevol, però el mecanisme de càlcul resulta més fàcil i lògic si les raons segueixen a la vegada una progressió geomètrica amb una raó menor de 1. Al contrari del que passa amb les progressions ordinàries les de segon ordre no es poden normalitzar.

Les progressions aritmètiques són per la seva simplicitat les més senzilles d'usar. No obstant, aquesta simplicitat és la mateixa causa que fa que siguin les menys utilitzades ja que les progressions de segon ordre i els NN són molt superiors en quant a propietats i aplicacions.

1.6. Disseny i estètica de la màquina

Al parlar d'estètica, no només ens referim a la sensació "agradable" que transmet la visualització de certs elements, sinó que també s'inclou dins de la seva definició les sensacions que puguin ser "desagradables". Quan ens referim a l'estètica de la màquina ho fem de l'impacte visual que genera i és amb l'estètica com podem deduir si ens trobem amb un model obsolet (que seguirà un patró de moda ja desaparegut), com poden amagar certes característiques funcionals o com podem fer-lo més atractiu pel mercat.

Moltes vegades l'estètica ve predeterminada per les característiques funcionals. Tot i les limitacions que imposen les condicions que ha de complir el model a fabricar generalment podem jugar amb certs factors que faran que aquest sigui més o menys atractiu per al comprador.

Podem definir el disseny industrial de moltes maneres. Però per fer-nos una idea de quina relació existeix entre aquest aspecte del projecte i l'estètica que estudiem en aquest capítol hem optat per aquesta definició concreta: *"el disseny industrial és l'estudi previ de la forma dels objectes, aparells, màquines i vehicles destinats a ser fabricats en lots o en serie, i consisteix en procediments en els quals concorren, en proporció relativa variable en els diferents casos, factors antropomètrics, tecnològics, econòmics, socials, per conciliar les exigències funcionals amb l'estètica del producte i per a tenir en compte les relacions entre el producte i l'home, en la seva condició de comprador o usuari"* (Tedeschi, 1969).

Històricament podem distingir dos períodes que ens ajudaran a entendre la tendència actual en les relacions disseny-estètica. Als principis de la indústria del segle XIX el factor estètic predominava per sobre del factor funcional, la qual cosa limitava en gran quantitat les prestacions de les màquines. En canvi, durant gairebé bona part del segle XX la tendència s'havia oposat totalment a aquest criteri passant a predominar el factor funcional fins a tal punt que l'estètica havia quedat totalment descuidada. La tendència actual és buscar un disseny que ofereixi el màxim rendiment en quant a funcionalitat i, jugant amb els marges possibles de funcionalitat, buscar l'estètica més adequada.

Els factors d'influència en el disseny de la màquina:

El factor funcional

El principal criteri de disseny en la indústria és el factor funcional, per tant, tots els elements de la màquina respondran a unes condicions de màxim rendiment mecànic. És llavors quan entra a funcionar el factor estètic: davant la possibilitat d'adoptar diverses possibilitats que ofereixin un rendiment similar i que tinguin també un cost econòmic

similar ens decantarem per la solució més estètica. I encara que optar per una solució pugui resultar un cost més de fabricació més car, és possible que el factor estètic no només compensi aquesta mancança amb més vendes, sinó que és possible que fins i tot repercuteixi amb més beneficis. I és que, a vegades, incorporar elements amb funcionalitat nul·la o gairebé nul·la pot tenir com a efecte una revalorització tant gran que l'increment en el cost de fabricació quedi totalment superat per una major acollida en el mercat.

El factor tecnològic

El factor tecnològic, és a dir, el propi procés de fabricació, té molt a veure amb l'estètica final del producte. No és la mateixa estètica la de les peces conformades per fosa, estampació o soldadura. El mètode que permet obtenir peces amb una estètica molt més agradable és el de fosa, per la seva versatilitat en l'obtenció de formes. El cas oposat és el de la soldadura, doncs les característiques d'aquest procés tenen unes limitacions que no permeten un joc cap a fins estètics. Novament repetirem l'aspecte del balanç econòmic: Compensa fer dissenys amb la mateixa funcionalitat però realitzar-los per un procés més car a canvi d'una major sortida en el mercat? O, val la pena sacrificar certes característiques funcionals a canvi d'una major estètica?

El factor visual

Mitjançant l'impacte visual aconseguim dues coses concretes sobre el comprador del producte: dirigir la seva reacció psicològica cap a determinades característiques positives de la màquina i dissimular allò que és insubstancial de les formes funcionals.

1.7. Sistemes de disseny

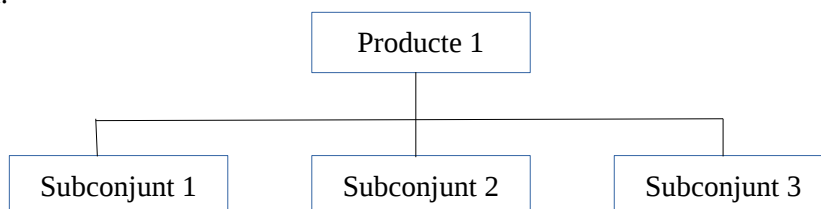
1.7.1. Disseny Top-down

Que és el disseny Top-down?. És un sistema de disseny que consisteix a dividir en diferents parts més petites un producte, que per la seva complexitat en el disseny ens seria impossible el seu estudi i posada en pràctica. Aquestes divisions que han de ser dissenyades les anomenarem subconjunts. La unió de tots aquests subconjunts han de donar com a resultat final el producte desitjat inicialment.

Inicialment cal considerar que tot producte comença per la seva especificació, sent l'especificació totes les dades que ha de complir el producte.

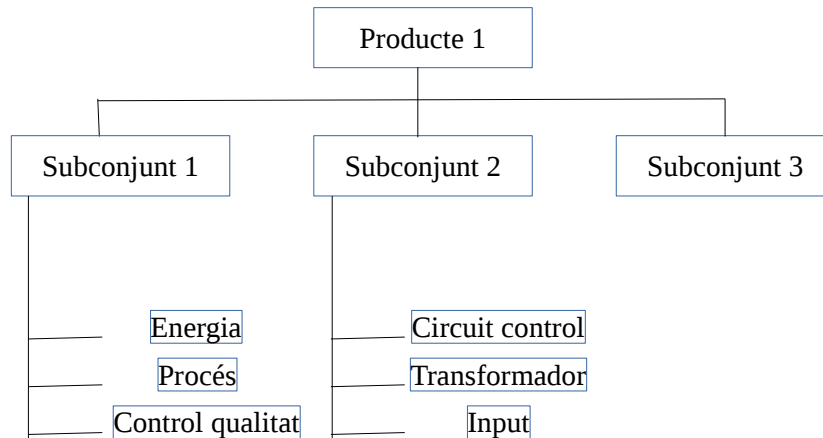
Un tipus de disseny detallat no és aconsellable amb aquest sistema d'especificació exceptuant si són productes petits o simples. En casos de projectes grans es necessita un especejament Top-down. Per a això l'especificació del producte necessita ser dividida en parts menors més manejables. Hi ha diverses maneres de realitzar aquesta divisió però la més simple és crear subconjunts.

Les divisions són arbitràries però cal tenir una definició bàsica del producte per poder començar el procés de divisió. Com a exemple prenem el disseny d'un equip on els subconjunts creats poden ser els de la figura:



Observem que si separem el disseny dels subconjunt 1, 2 i 3, l'estudi d'aquests subconjunts pot ser realitzat per tres equips de treball diferents.

Cada subconjunt amb un disseny complex (subconjunt 1, 2 i 3) pot ser subdividit en conjunts menors, on es poden considerar punts de vista diferents per al seu disseny en funció de les tecnologies a aplicar (si són elements elèctrics, mecànics o electrònics) per tant podem fer un diagrama funcional dels blocs que representen les diferents funcions del producte:



Cal considerar a l'hora del disseny que tindrem dos tipus d'especificacions del producte diferents, sent:

L'especificació externa. Aquesta és marcada clarament pel client o l'organització representativa que marca els requeriments per aquest, normalment el departament comercial.

L'especificació interna. Es decideixen en funció del disseny de l'etapa preveient uns marges de llibertat dins disseny i desenvolupament.

1.7.2. Aplicació del disseny Top-down (Matrius)

Tenint l'especificació del producte, tant externa com les diferents especificacions dels subconjunts es poden realitzar una sèrie de matrius per resumir les dades necessàries per al disseny. Aquestes matrius seran una ràpida consulta de les dades que ha d'acomplir cada subconjunt facilitant així el seu disseny.

En aquestes matrius podem col·locar en files totes aquelles especificacions dels subconjunts i en les columnes enunciar els subconjunts apropiats, d'aquesta manera obtenim una eina molt útil a l'hora del disseny.

Es poden realitzar tantes matrius com a elements de disseny tinguem, per exemple es poden dividir aspectes electrònics amb els aspectes físics ha dissenyar (temperatura de treball, vibració etc..). En aquestes matrius també es poden tenir en compte els aspectes de l'especificació com la fiabilitat i el cost, sent aplicables a tot el producte sencer, aquests aspectes també poden ser tractats com subconjunts per realitzar el disseny.

Primer necessitem tenir coneixement de les dades que hem d'acomplir (veure taula següent d'especificació del producte):

Especificacions del producte:

1 Funcionament	1.1 Especificació 1 1.2 Especificació 2 1.3 Especificació 3 ...	Rang de valors Rang de valors Rang de valors ...
2 Subministrament d'energia	2.1 Especificació 21 2.2 Especificació 22 2.3 Especificació 23 ...	Rang de valors Rang de valors Rang de valors ...
3 Controls	3.1 Especificació 31 3.2 Especificació 32 3.3 Especificació 33 ...	Rang de valors Rang de valors Rang de valors ...
4 Entrades	4.1 Especificació 41 4.2 Especificació 42 4.3 Especificació 43 ...	Rang de valors Rang de valors Rang de valors ...
5 Sortides	5.1 Especificació 51 5.2 Especificació 52 5.3 Especificació 53 ...	Rang de valors Rang de valors Rang de valors ...
6 Contenidor (caixa)	6.1 Especificació 61 6.2 Especificació 62 6.3 Especificació 63 ...	Rang de valors Rang de valors Rang de valors ...
7 Ambientals	7.1 Especificació 71 7.2 Especificació 72 7.3 Especificació 73 ...	Rang de valors Rang de valors Rang de valors ...
8 Producció	8.1 Especificació 81 8.2 Especificació 82 8.3 Especificació 83 ...	Rang de valors Rang de valors Rang de valors ...

Després passarem ha crear les nostres matrius com es veu reflectit en la taula 2.2. i 2.3. Aquestes dues matrius generades ens divideixen l'especificació del producte en dues parts que són la Funcional i la part Física.

Especificació Funcional assignada per Matriu del producte

	Energia	Procés	Control Qual.	Circuit control	Transformador	Input
Rang de valors n		1.1		1.1		
Rang de valors n+1					1.2	1.2
Rang de valors n+2	1.3	1.3				
...						
Rang de valors m-1		7.8	7.8			
Rang de valors m				8.2		

Especificació Física assignada per Matriu del producte

	Subconjunt 1	Subconjunt 2	Subconjunt 3
Especificació n		1.5	1.10
Especificació n+1	1.3		1.4
...			
Especificació m	6.3	6.4	6.8
Especificació m+1	8.1		8.2
...			

Aquest sistema de matrius és molt útil en el cas de les especificacions externes però no és una eina suficient per a les especificacions internes perquè depèn d'on es prenguin els punts d'unió dels diferents blocs. Per poder realitzar correctament aquestes matrius en una especificació interna s'ha d'identificar des d'un principi tots els requeriments interns dels diferents blocs ha dissenyar.

1.7.3. Requeriments en el disseny.

Hi ha diferents requeriments en l'especificació del producte que s'han de considerar globalment i no per parts com són els diferents subconjunts realitzats anteriorment. Aquests requeriments poden ser Costos i Fiabilitat, per exemple. En començar la fabricació del producte els costos vénen freqüentment planificats pels departaments de vendes i desenvolupament on aquests s'ajusten al producte i als plans de futur de l'empresa. La suma del cost de tots els subconjunts ha de tenir un cost com a màxim igual al cost previst per a tot el producte. La fiabilitat del producte des del punt de vista de les possibles avaries en el temps, és una part important de l'especificació del producte ja que afecta directament als clients que reben el producte, i ells són els últims que avaluen la fiabilitat del producte. El procés utilitzat pels requeriments del producte que divideix els subconjunts es diu “[apportionment](#)” (distribució).

1.7.3.1. Apportionment (Distribució)

L'objectiu de la distribució està a dividir els requeriments del producte, formant-se subconjunts de tal manera que cada part tingui un contingut específic dins de tot el disseny. Si considerem com a exemple el producte definit anteriorment tindríem que tot el conjunt pot tenir un cost de fabricació de 18.000 €. Això vol dir que els tres subconjunts han de tenir un cost de 18.000 € incloent els costos de connexió dels tres subconjunts, de les proves del producte, empaquetat, manuals i accessoris. Hi ha diferents enfocaments per a la distribució que són:

- L'experiència passada.
- Catàlegs/ Preu.
- Estimació.

L'experiència passada. El coneixement col·lectiu de l'organització (o entitat) es pot comprovar a l'hora de distribuir. L'organització, per exemple, pot haver produït productes similars en el passat. Això facilita la realització dels diferents subconjunts i càlculs inicials del cost del producte, i això es pot usar com un punt de partida. En el passat es pot haver definit una part d'un producte similar, que pot ser considerat per al nostre producte, la qual cosa ens pot donar una estimació raonable del cost.

Catàlegs/Preus. Si no tenint cap experiència anterior, podem avaluar les dades del producte amb preus o catàlegs dels fabricants de les diferents components a utilitzar en el nostre disseny. Si el sistema del

disseny del producte s'ha realitzat acuradament i íntegrament ens pot donar una idea justa de com ha de ser construït el producte. Així podrem comptabilitzar els components del producte i calcular el cost real d'aquests. El cost associat amb la fabricació, assemblatge i prova des del punt de vista de les hores de treball també es poden estimar. La combinació de totes aquestes dades ens pot donar un primer enfocament de la distribució. Així mateix observarem les parts que poden excedir del pressupost en el cost del producte. Si això passa serà necessari considerar-los i reduir-los per permetre l'ajust del cost del producte.

Estimació. Si tot l'anterior fracassa i no tenim cap història passada i no tenim un quadre de preus del producte, podem arribar ha realitzar una estimació intuïnt la seva formació de preus com a fase primera de tanteig. Si el resultat sembla satisfactori llavors podrem utilitzar-lo com a dades inicials.

Els tres mètodes ens reflecteix un coneixement decreixent de les generalitats del producte. Tots aquests mètodes requereixen també que hi hagi una comprensió bàsica del producte que volem dissenyar.

1.7.4. Disseny Bottom-up

Què és el disseny Bottom-up?. És un disseny que consistirà a provar conjuntament tots un conjunt de mòduls individuals per arribar al producte final desitjat. Prèviament hem de conèixer les característiques per mòduls para a l'hora de connectar-los tenir la seguretat del seu bon funcionament en el producte.

1.7.4.1.Consideracions del disseny Bottom-up

Si considerem un sistema dividit en mòduls dels quals disposem els requeriments de les especificacions, és a dir, que tenim les dades de desenvolupament i verificació, podrem passar al producte final amb la unió d'aquests mòduls. Per a això serà necessari un esquema de connexió acuradament planificat.

Aquest sistema bottom-up és recomanable per a sistemes petits. Si els mòduls que ho formen són de fàcil assimilació es podrà tractar el producte com una única unitat. El treball en aquest tipus de disseny és també pràctic perquè es poden anar muntant diferents fases del disseny per poder arribar ha tenir dades per dissenyar altres elements del producte.

En el nostre cas del disseny del producte plantejat anteriorment tindríem els diferents blocs amb la seva especificació de prova que ens permetria conèixer i esbrinar les especificacions dels altres mòduls en ser connectats.

Un mètode de prova consistiria a connectar tots els blocs conjuntament. Aquest sistema és ràpid per obtenir un primer funcionament del producte final. Si els diferents elements s'han analitzat correctament a nivell teòric, l'anàlisi del sistema serà correcte i això vol dir que tots els mòduls individualment estaran dissenyats i desenvolupats correctament. Si no hi ha problemes d'interconnexió podem dir que aquesta forma de dissenyar és un bon sistema de treball. Si el sistema no funcionés en un primer moment podria resultar complex trobar la fallada en el sistema i haurem de passar a dividir els mòduls en conjunts menors. Una forma de correcció d'aquest problema seria anar connectant mòdul a mòdul provant el seu correcte funcionament cada vegada que en connectem un nou, d'aquesta forma podem arribar al producte final verificant en tot moment el seu bon funcionament.

Tot el producte es podrà considerar com un bloc on coneixem la seva especificació d'entrada i sortida. En la figura següent observem una connexió teòrica entre mòduls coneixent prèviament totes les seves característiques d'entrades i sortides.

Interconnexió de dos mòduls.



Si fos necessari es podrà considerar la connexió de dos mòduls com un conjunt nou i així podrem tractar-lo com un nou mòdul. No és necessari esbrinar l'operació completa dels dos mòduls per separat, simplement necessitem conèixer les dades necessàries dels mòduls 1 i 2 per poder-los connectar correctament entre ells.

Per evitar problemes en el disseny hauríem de ser capaços d'assegurar mitjançant una especificació escrita la interconnexió entre els diferents mòduls. Això ens evitaria la sobrecàrrega, per exemple, que pot originar el primer mòdul al segon tenint llavors un problema d'interconnexió. La unió acurada és la forma d'evitar problemes d'aquesta naturalesa al sistema.

1.7.5. La creativitat en el sistema de disseny

Ens podem trobar a l'hora del disseny que les solucions obtingudes aplicades als sistemes de disseny no siguin noves. Per tant la creativitat és un concepte que s'ha d'usar per generar noves idees o solucions. Sent aquest un punt de partida per crear nous productes. Una idea àmpliament usada per potenciar l'ús de la creativitat com a eina d'equip, és el Brainstorming (tempesta mental o remolí d'idees).

1.7.5.1. Brainstorming

Que és?. És una forma de treballar en grup on entre tots s'aporten idees i solucions a l'hora de realitzar un disseny.

Brainstorming és una tècnica que comença amb la definició del problema, normalment escrita sobre una pissarra clarament visible per tots els que participen en la jornada de brainstorming. Els passos bàsics en una jornada de brainstorming són:

- Anotació del problema.
- Cada membre de l'equip ofereix una idea o solució possible al problema.
- Cada idea s'escriu sobre la pissarra perquè tots la puguin veure.
- Les idees no són comentades o criticades.
- Cada membre ofereix idees alhora fins que s'arribi a un punt que no en surten més.
- Els membres poden saltar-se un torn si no poden trobar una nova idea.

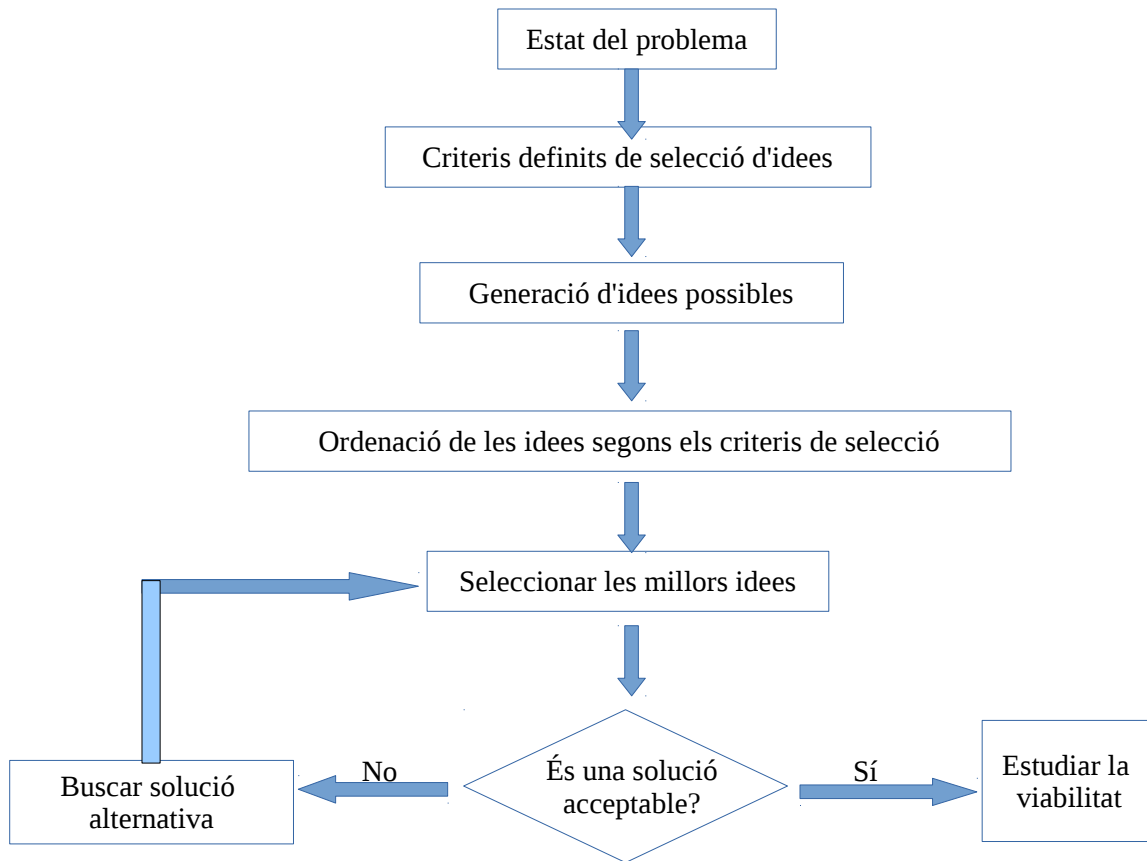
La regla clau del brainstorming és que les idees no siguin criticades o comentades durant la fase de generació d'idees. El punt important està a escriure totes les idees, perquè els membres de l'equip siguin capaços de veure-les i així impulsar la capacitat mental per poder aportar noves idees.

Una vegada totes les idees s'han anotat s'han de considerar una a una per assegurar que tots comprenen el seu significat. Aquesta etapa és d'aclariment i comprensió de les propostes obtingudes.

Qualsevol de les propostes que pugui ser una solució han de deixar-se per a la consideració i anàlisi final.

Crear idees i solucions potencials al problema és l'únic punt de partida per resoldre els problemes. Una jornada de creativitat com el brainstorming busca una generació considerable de solucions potencials.

Una forma útil per classificar les idees, ordenar-les i separar-les en un nombre manejable és el següent procés:



El procés de creativitat comprèn una sèrie d'etapes de generació d'idees i aquestes es dirigeixen contra un conjunt de criteris de selecció. Una vegada el problema ha estat oposat i verificat es pot passar a trobar les possibles solucions. Per reduir el número d'idees en un número més manejable hem de tenir bé definits els criteris de selecció. La definició dels criteris de selecció haurien de realitzar-se abans de seleccionar qualsevol idea. Una vegada que les idees i criteris estan bé definits podrem començar a separar per criteris. D'aquesta manera ha de sorgir una solució escollida d'on es realitzés una anàlisi més detallada. L'anàlisi detallada hauria de demostrar si la solució escollida arriba a resoldre els problemes i així decidir si és pràctic.

És important registrar tots els resultats obtinguts per a un problema futur. L'elecció en el sistema d'un enfocament de disseny pot venir reflectit de la informació que tinguem en el transcurs del temps. En tals casos un registre de la generació d'idees i les propostes alternatives poden formar una valuosa font de dades per poder escollir en futurs problemes.

1.8. Bibliografía de l'obra completa

Aguado, A.; Casanova, I. (1997) “*Demolición y reutilización de estructuras de hormigón*”. Capítulo 1. (Publicación conjunta): Ed. Colegio de Ingenieros de caminos, Canales y Puertos.

Álvarez García, Isaías. (2006): “*Introducción a la Teoría de Proyectos. En Planificación y Desarrollo de Proyectos Sociales y Educativos*” (pp. 49-65): México: Limusa.

Aznar, A. (1993): “*Métodos de predicción en economía*”. Ed. Ariel Economía.

Chamorro, F. (2002): “*Apunts de l'assignatura: Dret d'empresa*”. ETSEIT. Terrassa.

Cos del Castillo, M. (1995) “*Teoría General del Proyecto. Dirección de proyectos/Project Management*”. Vol I y II Ed. Síntesis S.A

Estay, C.; Blasco, J. (1998): “*Los Sistemas de un Proyecto*”. Electronic Proceedings. IV International Congress of Project Engineering.

Gassó, S (2002): “*Apuntes de proyectos*”. Campus digital de la ETSEIT – Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrial de Terrassa. Terrassa.

Gómez-Senent, E. (1997): “*Introducción al proyecto*”. Universidad Politécnica de Valencia. Servicios de Publicaciones.

Gómez-Senent, E. (1992): “*Las fases del proyecto y su metodología*”. ETSEII, UPV, Valencia.

Govern espanyol (2010): “*Sobre el anteproyecto de ley de servicios profesionales*”. <http://www.aingoi.com/wp-content/uploads/2013/01/LSP.pdf>,

Heredia, R. de (1995): “*Dirección Integrada de Proyecto – DIP – Project Management*”. Ed. E.T.S. de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid. (2ª edición, 1ª ed. en 1985).

IIE-UPCI (2012): “*Regulación de la profesión de ingeniero*”: Análisis, conclusiones y propuesta. Instituto de la ingeniería de España - Unión profesional de colegios de ingenieros. Madrid, agosto de 2012.

Malaret, Elisenda (1991): “*Régimen jurídico-administrativo de la reconversión industrial*”. Ed. Civitas - Escuela de Administración de Cataluña, Madrid.

Mestre, J.J., Aguado, A., Ormazabal, G. (2001): “*Propuesta de aplicación de la metodología del valor en la planificación estratégica de proyectos constructivos*”. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports (ETSECCPB): Barcelona.

Moreu, Manuel (2012): “*Comunicado del presidente del instituto de la Ingeniería de España*”. http://www.iies.es/La-ley-de-servicios-profesionales-en-Espana_a2404.html (10 de Septiembre 2012).

Ortiz-Domènech, Jordi. (2002): “*Apunts d'Oficina Tècnica*”, Campus Digital de la EPSEVG – Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú.

OrtizDomènech, Jordi. (2003): “*Aplicación de los sistemas de información y comunicación en el sector de las pequeñas y medianas ingenierías de proyectos de instalaciones*”.– Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrial de Terrassa.

Ortiz-Domènech, Jordi. (2014): “*Introducció a la redacció i la direcció de projectes*”, Centre de Reprografia Ahlens S.L de Vilanova i la Geltrú.

Piquer Chanzá, Jose S. (1986) “*El proyecto en ingeniería y arquitectura. Estudio, planificación, desarrollo*” Ed. Ceac.

Ponjuán, G. (1998): “*Gestión de Información en las organizaciones*”: Principios, conceptos y aplicaciones. Chile, Impresos Universitaria.: 6-8.

Project Management Institute, PMI. (1996): “*A guide to the Project Management Body of Knowledge*”. Ed. PMI Publishing Division.

Serer, M. (2000): “*Gestión Integrada de Proyectos*”. Edicions UPC.

Tedeschi, Pablo (1969): “*Proyecto de máquinas*”. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Buenos Aires.

Tornos Mas, Joan Perdigó Solà, J. (2004): “*El régimen jurídico de la intervención, control e inspección en materia de seguridad industrial de instalaciones, medio ambiente e inspección técnica de vehículos*”. Informe diciembre de 2004. Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Barcelona.

1.8.1. Normativa

Decreto 1998/1961, de 19 de octubre de 1961 aprueba las tarifas de Honorarios de los ingenieros en trabajos a particulares.

Decret 8/1992, de 20 de gener, de creació de les oficines de gestió unificada per a establiments industrials a les circumscripcions de Girona, Lleida i Tarragona

Decreto 291/1991, de 11 de diciembre, sobre instalaciones receptoras de gases combustibles

Decret 191/1990, de 30 de juliol, pel qual es crea l'Oficina de Gestió Unificada per a establiments industrials.

Decret 156/1991, de 17 de juny, pel qual es regula el procediment administratiu per a la instal·lació, l'ampliació i el trasllat d'indústries amb intervenció de les oficines de gestió unificada per a establiments industrials

Decret 8/1992, de 20 de gener, de creació de les oficines de gestió unificada per a establiments industrials a les circumscripcions de Girona, Lleida i Tarragona

Decreto 351/1987, por el cual se determinan los procedimientos administrativos aplicables a las instalaciones eléctricas

Decreto 322/1987, de 23 de septiembre, que desarrolla la Ley 22/1983 de Protección del Ambiente Atmosférico.

Decreto 348/1985, de 13 de diciembre, sobre funciones de inspección técnica, control y ensayo en el ámbito de la seguridad, la calidad y la normativa industrial.

Decreto 833/1975, de 6 de febrero que desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de protección de la contaminación atmosférica.

Decreto 2065/1974, de 30 de mayo, Texto Refundido de la Ley general de la Seguridad Social. Desarrollado por medio de la Orden ministerial de 6 de mayo de 1988.

Instrucción 7/2003 de 9 de septiembre, de la Dirección General de Energía y Minas de la Generalitat de Catalunya, sobre el procedimiento administrativo para la aplicación del Reglamento electrotécnico para baja tensión

Ley 6/2001 de Evaluación de Impacto Ambiental

Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación

Ley 3/1998, de 27 febrero, de la Intervención Integral de la Administración. Ambiental (LIIA):

Ley 34/1998, de 27 de octubre, del sector de los hidrocarburos

Ley 6/1996, de 18 de junio, que modifica la Ley 22/1983, de 21 de noviembre, de Protección del Ambiente Atmosférico

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales

Ley 30/1992, de 26 noviembre, de Régimen Jurídico de las Administración Públicas y del Procedimiento Administrativo Común (LRJPAC),

Ley 21/1992, de 16 de julio de 1992, de Industria

Llei 13/1989, de 14 de desembre, d'organització, procediment i règim jurídic de l'Administració de la Generalitat de Catalunya (articles 68 a 73):

Ley 10/1990, de 15 de junio, sobre Policía de l'espectacle, les activitats recreatives i els establiments públics. (DOGC 1308, de 22.06.1990),

Llei 13/1989, de 14 de desembre, d'organització, procediment i règim jurídic de l'Administració de la Generalitat de Catalunya (articles 68 a 73):

Ley Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos 20/1986, de 29 de abril.

Ley de Aguas 29/1985, de 2 de agosto.

Ley Reguladora de las Bases del Régimen Local, de 2 abril 1985.

Ley 22/1983, de 21 de noviembre, de Protección del Ambiente Atmosférico –modificada por la Ley 6/1996, de 18 de junio

Ley Orgánica 7/ 1980, de 5 julio, de Libertad Religiosa.

Ley del Suelo, aprobado el Texto refundido por el Real Decreto 1346/1976, de 9 de abril.

Ley de Espacios Naturales Protegidos 15/1975, de 2 de mayo.

Ley 2/1974 de Colegios Profesionales

Ley de Minas 22/1973, de 21 de julio.

Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de protección de la contaminación atmosférica, desarrollada por el Decreto 833/1975, de 6 de febrero.

Reglamento de Servicios de las corporaciones Locales, de 17 junio de 1955.

Orden de 12 febrero 2001 de la Conselleria de industria y comercio de la Generalitat Valenciana, que modifica la Orden de 13 marzo 2000, de contenido mínimo en proyectos de industrias e instalaciones industriales

Orden de 3 de mayo de 1999, que regula la aplicación del RITE en Cataluña

Orden de 31 de mayo de 1999 de aplicación del Real Decreto 1314/1997.

Orden de 3 de mayo de 1999, de aplicación del RITE, Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios.

Orden de 28 de marzo de 1996, sobre el procedimiento de actuación de las empresas instaladoras, de las entidades de inspección y control y de los titulares en las instalaciones de gases combustibles

Orden del DIE, de 28 de marzo de 1996 fija el procedimiento para la puesta en marcha y la ampliación o modificación de una instalación de gas con la intervención de una entidad de inspección y control.

Orden de 27 de marzo de 1990, por la cual se regula la aplicación en Catalunya del Reglamento de aparatos de presión.

Orden del DIE de 30 de diciembre de 1986, que regula la aplicación en Cataluña del Reglamento de aparatos de elevación y manutención.

Real Decreto 836/2003, de 27 de junio, por el cual se aprueba la ITC la MIE-AEM- 2.

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Real Decreto 1314/1997, de 1 de agosto, sobre la instalación y puesta en funcionamiento de ascensores.

Real Decreto 2200/1995 de desarrollo de la Ley de Industria de 1992

Real Decreto 1407/1987, de 13 de noviembre, de creación las entidades de inspección y control reglamentario

Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28junio, de Evaluación de Impacto Ambiental

Real Decreto Ley 1/1986, de 14 de marzo, de medidas urgentes, administrativas, financieras, fiscales y laborales

Real Decreto 2816/1982, de 27 agosto, por el que se aprueba el Reglamento General de Policía de Espectáculos Públicos y Actividades Recreativas

Real Decreto 2135/1980 de liberalización industrial, de 26 de septiembre, desarrollado por la Orden ministerial de 19 de diciembre de 1980.

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. B.O.E. Nº 207 publicado el 29/8/2007.

Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, RITE, aprobado por el Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio

Reglamento de la infraestructura para la calidad y la seguridad industrial, RICSI aprobado por el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, y modificado por el Real Decreto 411/1997, de 21 de marzo

Reglamento de gases combustibles, Real Decreto 1853/1993, de 22 de octubre.

Reglamento de aparatos de elevación y manutención, aprobado por el Real decreto 2291/1985

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, estaciones secundarias y centros de transformación, aprobado por el Real decreto 3275/1982, de 12 de noviembre

Reglamento General de Policía de Espectáculos Públicos y Actividades Recreativas. Aprobado por Real Decreto 2816/1982, de 27 agosto.

Reglamento de aparatos de presión, aprobado por el Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril, y modificado por el Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo.

Reglamento General del Servicio Público de Gases Combustibles, Decreto 2913/1973, de 26 de octubre, y Reales Decretos 3484/1983 y 449/1988.

Reglamento de líneas eléctricas de alta tensión aprobado por el decreto 3151/1968, de 28 de noviembre

Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas de 30 noviembre 1961, aprobado por Decreto 2414/1961, de 30 noviembre

Reglamento de Servicios de las Corporaciones Locales, aprobado por Decreto de 17 junio 1955.

Estatutos Generales de los Colegios Oficiales de Peritos e Ingenieros Técnicos, aprobados por RD. 331/ 79 de 11 de Enero.

Norma UNE 157001 “*Criterios generales para la elaboración de proyectos*” (2002).

Classificació catalana d'activitats econòmiques 1993 Revisió 1 (CCAE-93 Rev. 1)
Adaptació de la CNAE-93 Rev. 1.